

AMTLICHE MITTEILUNGEN

VERKÜNDUNGSBLATT DER UNIVERSITÄT PADERBORN AM.UNI.PB

AUSGABE 156.14 VOM 26. SEPTEMBER 2014

SATZUNG ZUR ÄNDERUNG DER PRÜFUNGSORDNUNG FÜR DEN MASTERSTUDIENGANG PHYSIK DER FAKULTÄT FÜR NATURWISSENSCHAFTEN AN DER UNIVERSITÄT PADERBORN

VOM 26. SEPTEMBER 2014

**Satzung zur Änderung der Prüfungsordnung für den Masterstudiengang Physik
an der Universität Paderborn vom 26. September 2014**

Aufgrund des § 2 Absatz 4 und des § 64 Absatz 1 des Gesetzes über die Hochschulen des Landes Nordrhein-Westfalen (Hochschulgesetz – HG) vom 31. Oktober 2006 (GV.NRW.2006 S. 474), zuletzt geändert durch Art. 1 des Gesetzes vom 03. Dezember 2013 (GV.NRW.2013 S. 723) hat die Universität Paderborn die folgende Ordnung erlassen:

Artikel I

Die Prüfungsordnung für den Masterstudiengang Physik an der Universität Paderborn vom 28. Juni 2012 (AM.Uni.Pb. 27/12), wird wie folgt geändert:

1.) § 8 wird wie folgt geändert:

- a) in Absatz 2 wird nach Satz 3 folgender Satz eingefügt:
 „Die durch ärztliches Attest belegte Erkrankung des Kindes im Sinne des § 25 Abs. 5 Bundesausbildungsförderungsgesetzes gilt als Prüfungsunfähigkeit der Kandidatin bzw. des Kandidaten, wenn die Betreuung nicht anders gewährleistet werden konnte, insbesondere bei überwiegend alleiniger Betreuung.
- b) Die Absätze 7-9 werden ersetzt durch:
 - (7) „Außerdem regelt der Prüfungsausschuss den Nachteilsausgleich für behinderte Studierende.
 - (8) Der besonderen Situation von Studierenden mit Familienaufgaben beim Studium und bei der Erbringung von Leistungen wird Rechnung getragen. Dies geschieht unter anderem in folgenden Formen:
 - a) Auf Antrag einer Kandidatin sind die Schutzbestimmungen gem. §§ 3, 4, 6 und 8 des Mutterschutzgesetzes entsprechend zu berücksichtigen. Dem Antrag sind die erforderlichen Nachweise beizufügen. Der Prüfungsausschuss kann unter Berücksichtigung des Einzelfalls andere Leistungserbringungsformen festlegen. Die Mutterschutzfristen unterbrechen jede Frist nach dieser Prüfungsordnung; die Dauer des Mutterschutzes wird nicht in die Frist eingerechnet.
 - b) Gleichfalls sind die Fristen der Elternzeit nach Maßgabe des jeweils gültigen Gesetzes über die Gewährung von Erziehungs- und Elternzeit (BERzGG) auf Antrag zu berücksichtigen. Die Kandidatin bzw. der Kandidat muss bis spätestens vier Wochen vor dem Zeitpunkt, von dem ab sie bzw. er die Elternzeit antreten will, dem Prüfungsausschuss unter Beifügung der erforderlichen Nachweise schriftlich mitteilen, für welchen Zeitraum oder für welche Zeiträume sie bzw. er eine Elternzeit in Anspruch nehmen will. Der Prüfungsausschuss prüft, ob die gesetzlichen Voraussetzungen vorliegen, die bei einer Arbeitnehmerin bzw. einem Arbeitnehmer einen Anspruch auf Elternzeit nach dem BERzGG auslösen würden und legt unter Berücksichtigung des Einzelfalls die Termine und Fristen fest. Die Abgabefrist der Masterarbeit kann höchstens auf das Doppelte der vorgesehen Bearbeitungszeit verlängert werden. Andernfalls gilt die gestellte Arbeit als nicht vergeben und die Kandidatin bzw. der Kandidat erhält nach Ablauf der Elternzeit ein neues Thema.
 - c) Der Prüfungsausschuss berücksichtigt auf Antrag Ausfallzeiten durch die Pflege und Erziehung von Kindern im Sinne des § 25 Absatz 5 Bundesausbildungsförderungsgesetz und Ausfallzeiten durch die Pflege des Ehegatten, der eingetragenen Lebenspartnerin bzw. des eingetragenen Lebenspartners, der Partnerin bzw. des Partners einer eheähnlichen Gemeinschaft oder eines in gerader Linie Verwandten oder ersten Grades Verschwägerten und legt unter Berücksichtigung des Einzelfalls die Fristen und Termine fest. Im Übrigen gelten die Sätze 4 und 5 von Buchstabe b) entsprechend.

2.) § 11 wird wie folgt geändert:

- a) im Modul „Experimentelle/Angewandte Physik“ wird der Katalog der Wahlpflichtveranstaltungen wie folgt geändert:
 - aa) folgende Wahlpflichtveranstaltungen werden gestrichen:
 - Spins in Spektroskopie und Elektronik
 - bb) folgende Wahlpflichtveranstaltungen werden für Modul „Experimentelle/Angewandte Physik“ eingefügt:
 - Nichtlineare Optik
 - Physik und Technologie von Nanomaterialien

b) im Modul „Schwerpunkt A“ und im Modul „Schwerpunkt B“ wird der Katalog der Wahlpflichtveranstaltungen wie folgt geändert:

aa) folgende Wahlpflichtveranstaltungen werden gestrichen:

- Photonische Kristalle
- Niedrigdimensionale Halbleitersysteme I
- Niedrigdimensionale Halbleitersysteme II
- Herstellung dünner Schichten und niedrigdimensionaler Systeme I
- Herstellung dünner Schichten und niedrigdimensionaler Systeme II
- Integrierte Optik und Photonik I
- Integrierte Optik und Photonik II
- Elektronenmikroskopie
- Spektroskopie mit Elektronen

bb) folgende Wahlpflichtveranstaltungen werden für Modul „Schwerpunkt A“ eingefügt:

- Niedrigdimensionale Halbleitersysteme: Optische Eigenschaften
- Integrierte Optik und Photonik
- Mikroskopie und Spektroskopie mit Elektronen

cc) folgende Wahlpflichtveranstaltungen werden für Modul „Schwerpunkt B“ eingefügt:

- Spins in Spektroskopie und Elektronik
- Kohärente Quantensysteme: Physikalische Grundlagen und Anwendungen
- Niedrigdimensionale Halbleitersysteme: Elektrische Eigenschaften
- Halbleiterpitaxie
- Photonische Nanostrukturen
- Quantenkommunikation und Quanteninformationsverarbeitung

3.) Die Modulübersicht Master wird wie folgt geändert:

a) die Auflistung zu dem Modul „Experimentelle/Angewandte Physik“ erhält folgende Fassung:

Experimentelle/Angewandte Physik	SWS	Leistungspunkte
Nichtlineare Optik	V 2; Ü 1	5
Physik und Technologie von Nanomaterialien	V 2; Ü 1	5
Quantenoptik	V 2; Ü 1	5
Regenerative Energien	V 2; Ü 1	5
Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum: Materialwissenschaft	P3	5
Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum: Optoelektronik, Integrierte Optik und Photonik	P3	5

b) die Auflistung zu den Modulen „Schwerpunkt A“ und „Schwerpunkt B“ erhält folgende Fassung:

Schwerpunkt A	SWS	Leistungspunkte
Integrierte Optik und Photonik	V 2; Ü 1	5
Ionenstrahlanalyse	V 2; P 1	5
Mikroskopie und Spektroskopie mit Elektronen	V 2; Ü 1	5
Mikrosystemtechnik	V 2; Ü 1	5
Niedrigdimensionale Halbleitersysteme: Optische Eigenschaften	V 2; Ü 1	5
Optoelektronische Halbleiterbauelemente	V 2; Ü 1	5
Computational Materials Science I	V 2; Ü 1	5
Computational Optoelectronics and Photonics	V 2; Ü 1	5
Schwerpunkt B	SWS	Leistungspunkte
Flüssigkristalle und organische Halbleiter	V 2; Ü 1	5
Halbleiterpitaxie	V 2; Ü 1	5
Kohärente Quantensysteme: Physikalische Grundlagen und Anwendungen	V 2; Ü 1	5
Kolloidkristalle für Photonik	V 2; Ü 1	5

Niedrigdimensionale Halbleitersysteme:	V 2; Ü 1	5
Elektrische Eigenschaften		
Photonische Nanostrukturen	V 2; Ü 1	5
Quantenkommunikation und Quanteninfor-	V 2; Ü 1	5
mationsverarbeitung		
Spins in Spektroskopie und Elektronik	V 2; Ü 1	5
Computational Materials Science II	V 2; Ü 1	5
Computational Materials Science – Praktikum	P 3	5
Computational Optoelectronics and Photonics	P 3	5
– Praktikum		

4.) Die Modulbeschreibungen werden wie folgt geändert:

a) folgende Beschreibungen werden durch neue Fassungen ersetzt (siehe Anhang):

- Quantenoptik
- Optoelektronische Halbleiterbauelemente
- Spins in Spektroskopie und Elektronik

b) folgende Beschreibungen werden eingefügt (siehe Anhang):

- Nichtlineare Optik
- Physik und Technologie von Nanomaterialien
- Integrierte Optik und Photonik
- Mikroskopie und Spektroskopie mit Elektronen
- Niedrigdimensionale Halbleitersysteme: Optische Eigenschaften
- Halbleiterepitaxie
- Kohärente Quantensysteme: Physikalische Grundlagen und Anwendungen
- Niedrigdimensionale Halbleitersysteme: Elektrische Eigenschaften
- Photonische Nanostrukturen
- Quantenkommunikation und Quanteninformationsverarbeitung

c) folgende Beschreibungen werden gestrichen:

- Photonische Kristalle
- Niedrigdimensionale Halbleitersysteme I
- Niedrigdimensionale Halbleitersysteme II
- Herstellung dünner Schichten und niedrigdimensionaler Systeme I
- Herstellung dünner Schichten und niedrigdimensionaler Systeme II
- Integrierte Optik und Photonik I
- Integrierte Optik und Photonik II
- Elektronenmikroskopie
- Spektroskopie mit Elektronen

Artikel II

Diese Änderungssatzung tritt am 01. Oktober 2014 in Kraft.

Sie wird in den Amtlichen Mitteilungen der Universität Paderborn (AM.Uni.Pb.) veröffentlicht.

Ausgefertigt aufgrund des Beschlusses des Fakultätsrates der Fakultät für Naturwissenschaften vom 21. Mai 2014 und der Rechtmäßigkeitsprüfung durch das Präsidium vom 10. September 2014.

Paderborn, den 26. September 2014

Der Präsident
der Universität Paderborn

Professor Dr. Nikolaus Risch

Anhang

Modulbeschreibungen

Name	Nichtlineare Optik	
Studiensemester	1–2	
Verantwortliche	T. Zentgraf, A. Zrenner	
Sprache	Deutsch oder Englisch	
Zuordnung zum Curriculum	Master of Science in Physik (Experimentelle/Angewandte Physik)	
Lehrform/SWS	Vorlesung:	2 SWS, typisch 40 Studierende
	Übung:	1 SWS, typische Gruppengröße 10–20 Studierende
Arbeitsaufwand	150 h	(45 h Präsenz, 105 h Selbststudium)
Leistungspunkte	Vorlesung:	3 Leistungspunkte
	Übung:	2 Leistungspunkte
	Gesamt:	5 Leistungspunkte
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Vorlesung: Beherrschung der grundlegenden Konzepte der nichtlinearen Optik. Verständnis und mathematische Formulierung der physikalischen Sachverhalte und Modelle.</p> <p>Übungen: Fragestellungen zur Thematik der nichtlinearen Optik zu analysieren und Probleme zu erkennen, den Bezug zur Vorlesung herstellen, Probleme mathematisch formulieren, Ergebnisse diskutieren und in einen gesamtphysikalischen Zusammenhang einordnen.</p>	
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Nichtlineare optische Suszeptibilität (Beschreibung nichtlinear-optischer Prozesse, formale Definition und Eigenschaften der nichtlinearen Suszeptibilität) • Wellenoptische Beschreibung nichtlinearer Wechselwirkungen (Wellengleichung für nichtlinear-optische Medien, Phasenanpassung, Manley-Rowe-Beziehung, SHG und SFG, nichtlineare Optik an Grenzflächen) • Intensitätsabhängiger Brechungsindex (Halbleiter-Nichtlinearitäten, Pulsausbreitung und Solitonen, optische Phasenkonjugation, optische Bistabilität) • Elektrooptischer und photorefraktiver Effekt (elektrooptischer Effekt, elektrooptische Modulatoren, photorefraktiver Effekt) 	
Studien-/Prüfungsleistungen	Wöchentliche Übungsaufgaben und aktive Teilnahme an Übungen, Prüfung in Standardform	
Medienformen	Tafelarbeit, Elektronische Medien/Internet, Schriftliche Übungen	
Literatur	Boyd, Nonlinear Optics; Saleh/Teich, Fundamentals of Photonics	

Name	Physik und Technologie von Nanomaterialien	
Studiensemester	1–2	
Verantwortliche	J. Lindner, D. Reuter	
Sprache	Deutsch oder Englisch	
Zuordnung zum Curriculum	Master of Science in Physik (Experimentelle/Angewandte Physik)	
Lehrform/SWS	Vorlesung:	2 SWS, typisch 40 Studierende
	Übung:	1 SWS, typische Gruppengröße 10–20 Studierende
Arbeitsaufwand	150 h	(45 h Präsenz, 105 h Selbststudium)
Leistungspunkte	Vorlesung: Übung: Gesamt:	3 Leistungspunkte 2 Leistungspunkte 5 Leistungspunkte
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Vorlesung: Kenntnis grundlegender Methoden zur Herstellung von Nanomaterialien, deren physikochemischer Eigenschaften sowie deren Anwendungen. Verständnis und mathematische Formulierung der physikalischen Sachverhalte und Modelle.</p> <p>Übungen: Fragestellungen zur Thematik der Nanomaterialien analysieren, Probleme erkennen, den Bezug zur Vorlesung herstellen, technologische Konzepte erstellen, Probleme mathematisch formulieren, Ergebnisse diskutieren und in einen materialphysikalischen Zusammenhang einordnen.</p>	
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamische und kristallographische Grundlagen von Nanomaterialien • Herstellung dünner Schichten aus der flüssigen Phase und dem Vakuum • Strukturierung und Modifikation dünner Schichten mittels thermischer, nasschemischer, ionenstrahlgestützter und plasmabasierter Verfahren • Laterale Strukturierung dünner Schichten und Oberflächen mittels konventioneller und moderner Lithographieverfahren • Herstellung, Prozessierung und Anwendung 1-, 2- und 3-dimensionaler Nanoobjekte (Nanodrähte und -röhrchen, Graphene, Nanocluster, Core-Shell-Strukturen) 	
Studien-/Prüfungsleistungen	Wöchentliche Übungsaufgaben und aktive Teilnahme an Übungen, Prüfung in Standardform	
Medienformen	Tafelarbeit, Elektronische Medien/Internet, Schriftliche Übungen	
Literatur	Bhushan, Springer Handbook of Nanotechnology; Zhang, Handbook of Nanostructured Thin Films and Coatings; Martínez-Duart/Martín-Palma/Agulló-Rueda, Nanotechnology for Microelectronics and Optoelectronics	

Name	Quantenoptik	
Studiensemester	1–2	
Verantwortliche	C. Silberhorn, A. Zrenner	
Sprache	Deutsch oder Englisch	
Zuordnung zum Curriculum	Master of Science in Physik (Experimentelle/Angewandte Physik)	
Lehrform/SWS	Vorlesung:	2 SWS, typisch 40 Studierende
	Übung:	1 SWS, typische Gruppengröße 10–20 Studierende
Arbeitsaufwand	150 h	(45 h Präsenz, 105 h Selbststudium)
Leistungspunkte	Vorlesung:	3 Leistungspunkte
	Übung:	2 Leistungspunkte
	Gesamt:	5 Leistungspunkte
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Vorlesung: Beherrschung der grundlegenden Konzepte der Quantenoptik, inklusive der Kenntnis spezifischer Phänomene, die quantenoptische Beobachtung von klassischen Experimenten abgrenzen. Verständnis und mathematische Formulierung der physikalischen Sachverhalte und Modelle.</p> <p>Übungen: Vertiefung des Vorlesungsstoffes, insbesondere zur mathematischen Modellierung der Fragestellungen und Diskussion geeigneter Interpretationen.</p>	
Inhalt	<p>Vorlesung: In der Vorlesung werden die grundlegenden Konzepte behandelt, die zum Verständnis der Quantenoptik mit Licht benötigt werden. Im Detail werden folgende Themen diskutiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Photonenstatistiken und Photo-Detektion von Quantenlicht • Grundlegende Ideen der Feldquantisierung und Beschreibung von Quantenlichtzuständen in der Photonenzahlrepräsentation • Kohärente Zustände, das Vakuumfeld und grundlegende Ideen der Phasenraumdarstellung des Lichts • Strahlteiler und Interferometer in der Quantenoptik • Nicht-klassisches Licht; gequetschte Zustände • Korrelationsfunktionen und Quantenkohärenz <p>Übungen: Vertiefung des Vorlesungsstoffes inklusive der mathematischen Modellierung realer Problemstellungen; Anwendung der Konzepte auf konkrete experimentelle Aufbauten</p>	
Studien-/Prüfungsleistungen	Wöchentliche Übungsaufgaben und aktive Teilnahme an Übungen, Prüfung in Standardform	
Medienformen	Tafelarbeit, Elektronische Medien/Internet, Schriftliche Übungen	
Literatur	Fox, Quantum Optics: An Introduction; Loudon, The Quantum Theory of Light; Gerry/Knight, Introductory Quantum Optics	

Name	Integrierte Optik und Photonik	
Studiensemester	1–2	
Verantwortliche	C. Silberhorn	
Sprache	Deutsch oder Englisch	
Zuordnung zum Curriculum	Master of Science in Physik (Schwerpunkt A)	
Lehrform/SWS	Vorlesung:	2 SWS, typisch 10 Studierende
	Übung:	1 SWS, typische Gruppengröße 10 Studierende
Arbeitsaufwand	150 h	(45 h Präsenz, 105 h Selbststudium)
Leistungspunkte	Vorlesung:	3 Leistungspunkte
	Übung:	2 Leistungspunkte
	Gesamt:	5 Leistungspunkte
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Vorlesung: Beherrschung der grundlegenden Konzepte des Spezialgebiets. Verständnis und mathematische Formulierung der physikalischen Sachverhalte und Modelle.</p> <p>Übungen: Die in den Aufgaben gestellten Probleme erkennen, den Bezug zum Vorlesungsstoff herstellen, Probleme mathematisch formulieren, Ergebnisse diskutieren und in einen gesamtphysikalischen Zusammenhang einordnen.</p>	
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Einleitung (historische Entwicklungen und aktueller Status) • Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in optischen Wellenleitern (planare Wellenleiter: Wellengleichung/Grenzbedingungen/Modendispersionsrelation, Modenberechnungen in ausgewählten Schichtwellenleiterstrukturen, Methoden der Modenberechnung für Streifenwellenleiter) • Materialien und Herstellungsverfahren (Wellenleiter in Gläsern, Halbleitern und Ferroelektrika; Ionenaustausch, Diffusion und Epitaxie) • Charakterisierung optischer Wellenleiter (Modenprofile und Dämpfung, chemische und optische Methoden zur Brechzahlprofilrekonstruktion) • Theorie gekoppelter Moden (Beschreibung mit Eigenmoden des ungestörten Systems, Störungsrechnung, Beschreibung mit lokalen Normalmoden des Realsystems) • Passive Bauelemente (Leistungsteiler, Koppler, Linsen, Wellenlängenfilter und Multiplexer) • Aktive/nichtlinear optische Bauelemente (elektrooptische Modulatoren, Schalter und Filter; integriert optische Verstärker und Laser; integriert optische SHG-, SFG-, DFG/OPA- und OPO-Bauelemente) 	
Studien-/Prüfungsleistungen	Wöchentliche Übungsaufgaben und aktive Teilnahme an Übungen, Prüfung in Standardform	
Medienformen	Tafelarbeit, Elektronische Medien/Internet, Schriftliche Übungen	
Literatur	Tamir, Guided-Wave Optoelectronics; Nishihara/Haruna/Suhara, Optical Integrated Circuits; Ebeling, Integrierte Optoelektronik	

Name	Mikroskopie und Spektroskopie mit Elektronen	
Studiensemester	1–2	
Verantwortliche	J. Lindner	
Sprache	Deutsch oder Englisch	
Zuordnung zum Curriculum	Master of Science in Physik (Schwerpunkt A)	
Lehrform/SWS	Vorlesung:	2 SWS, typisch 10 Studierende
	Übung:	1 SWS, typische Gruppengröße 10 Studierende
Arbeitsaufwand	150 h	(45 h Präsenz, 105 h Selbststudium)
Leistungspunkte	Vorlesung:	3 Leistungspunkte
	Übung:	2 Leistungspunkte
	Gesamt:	5 Leistungspunkte
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Vorlesung: Beherrschung der grundlegenden Konzepte der konventionellen, hochauflösenden und analytischen Transmissionselektronenmikroskopie, von den Grundlagen der Elektron-Festkörper-Wechselwirkung und Elektronenbeugung über die dadurch möglichen Kontrastmechanismen bis zu ihrer Anwendung zur Charakterisierung der Realstruktur, der chem. Zusammensetzung und der elektronischen Anregungen von Festkörpern.</p> <p>Übungen: Vertiefung des Vorlesungsstoffs anhand ausgewählter, relevanter Themenstellungen sowie praktischer Übungen und Einordnung in einen gesamtphysikalischen Zusammenhang.</p>	
Inhalt	<p>Im Rahmen der Vorlesungen werden die Grundlagen der Transmissionselektronenmikroskopie in voller Breite vermittelt und ihre Anwendung zur Charakterisierung von Materialien auf der Nano- und Subnanometerskala erläutert.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektronenoptische Komponenten und Strahlengänge in (Raster-) Transmissionselektronenmikroskopen (S)TEM • Elektronenmikroskopische Präparationsverfahren • Abbildungsverfahren und Kontrastarten • Elektron-Festkörper-Wechselwirkung • Kinematische und dynamische Theorie der Elektronenbeugung • Konventionelle Elektronenmikroskopie und Gitterdefekte • Kontrastübertragung und Hochauflösung • Energiedispersive Röntgenspektroskopie EDX • Elektronenenergieverlustspektroskopie EELS in TEM und STEM • Spektroskopie von Inter- und Intradbandübergängen sowie Plasmonen • Energiegefilterte Transmissionselektronenmikroskopie EFTEM • In-situ und Cryo-Methoden 	
Studien-/Prüfungsleistungen	Wöchentliche Übungsaufgaben und aktive Teilnahme an Übungen, Prüfung in Standardform	
Medienformen	Tafelarbeit, Elektronische Medien/Internet, Schriftliche Übungen	
Literatur	Williams/Carter, Transmission Electron Microscopy I–IV; Hirsch/Howie, Electron Microscopy of Thin Crystals; Alexander, Physikalische Grundlagen der Elektronenmikroskopie; Reimer, Elektronen-mikroskopische Untersuchungs- und Präparationsmethoden; Shindo/Oikawa, Analytical Electron Microscopy for Materials Science	

Name	Niedrigdimensionale Halbleitersysteme: Optische Eigenschaften	
Studiensemester	1–2	
Verantwortliche	D. As, A. Zrenner	
Sprache	Deutsch oder Englisch	
Zuordnung zum Curriculum	Master of Science in Physik (Schwerpunkt A)	
Lehrform/SWS	Vorlesung:	2 SWS, typisch 10 Studierende
	Übung:	1 SWS, typische Gruppengröße 10 Studierende
Arbeitsaufwand	150 h	(45 h Präsenz, 105 h Selbststudium)
Leistungspunkte	Vorlesung:	3 Leistungspunkte
	Übung:	2 Leistungspunkte
	Gesamt:	5 Leistungspunkte
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Vorlesung: Beherrschung der grundlegenden Konzepte des Spezialgebiets. Verständnis und mathematische Formulierung der physikalischen Sachverhalte und Modelle.</p> <p>Übungen: Fragestellungen zur Thematik optische Eigenschaften von niedrig-dimensionalen Halbleitersystem analysieren, Probleme erkennen, den Bezug zur Vorlesung herstellen, Probleme mathematisch formulieren, Ergebnisse diskutieren und in einen gesamtphysikalischen Zusammenhang einordnen.</p>	
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Einleitung • Herstellung von Nanostrukturen • Heterostrukturen, Quantum Wells • Optische Prozesse in QWs, Inter- und Intradbandübergänge • Gekoppelte QWs, Übergitter und Exzitonen • Quantum Wires und Quantum Dots • Modulationsdotierung • Einfluss elektrischer Felder (Stark-Effekt) • Single Photon Emitter • Quantumkaskadeneffekt 	
Studien-/Prüfungsleistungen	Wöchentliche Übungsaufgaben und aktive Teilnahme an Übungen, Prüfung in Standardform	
Medienformen	Tafelarbeit, Elektronische Medien/Internet, Schriftliche Übungen	
Literatur	Manasreh, Introduction to Nanomaterials and Devices; Bimberg, Semiconductor Nanostructures	

Name	Optoelektronische Halbleiterbauelemente	
Studiensemester	1–2	
Verantwortliche	D. As, D. Reuter	
Sprache	Deutsch oder Englisch	
Zuordnung zum Curriculum	Master of Science in Physik (Schwerpunkt A)	
Lehrform/SWS	Vorlesung:	2 SWS, typisch 10 Studierende
	Übung:	1 SWS, typische Gruppengröße 10 Studierende
Arbeitsaufwand	150 h	(45 h Präsenz, 105 h Selbststudium)
Leistungspunkte	Vorlesung:	3 Leistungspunkte
	Übung:	2 Leistungspunkte
	Gesamt:	5 Leistungspunkte
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Vorlesung: Beherrschung der grundlegenden Konzepte des Spezialgebiets. Verständnis und mathematische Formulierung der physikalischen Sachverhalte und Modelle.</p> <p>Übungen: Fragestellungen zur Thematik optoelektronischer Halbleiterbauelemente analysieren, Probleme erkennen, den Bezug zur Vorlesung herstellen, Probleme mathematisch formulieren, Ergebnisse diskutieren und in einen gesamtphysikalischen Zusammenhang einordnen.</p>	
Inhalt	<p>Vorlesung: Der erste Teil der Vorlesung gibt einen Überblick über die Physik der Licht emittierenden Dioden und den statischen Eigenschaften von Halbleiterlasern beginnend bei den Festkörperphysikalischen Grundlagen bis hin zum Design und Betrieb der wichtigsten Halbleiter-LED und Laserdioden. Der zweite Teil befasst sich mit den dynamischen Eigenschaften von Halbleiterlasern, ihren spektralen Eigenschaften sowie den Grundlagen verschiedener Halbleiterphotodetektoren.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bedeutung optoelektronischer Halbleiterbauelemente • Licht emittierende Dioden – LED • Laserdiode – statische Eigenschaften • Laserdiode – dynamische Eigenschaften • Optoelektronische Detektoren <p>Übungen: Anwendung des Vorlesungsstoffs auf reale Problemstellungen</p>	
Studien-/Prüfungsleistungen	Wöchentliche Übungsaufgaben und aktive Teilnahme an Übungen, Prüfung in Standardform	
Medienformen	Tafelarbeit, Elektronische Medien/Internet, Schriftliche Übungen	
Literatur	Schubert, Light Emitting Diodes; Coldren/Corzine/Mashanovitch, Diode Lasers and Photonic Integrated Circuits; Leigh, Devices for Optoelectronics	

Name	Halbleiterepitaxie	
Studiensemester	1–2	
Verantwortliche	D. Reuter, D. As	
Sprache	Deutsch oder Englisch	
Zuordnung zum Curriculum	Master of Science in Physik (Schwerpunkt B)	
Lehrform/SWS	Vorlesung:	2 SWS, typisch 10 Studierende
	Übung:	1 SWS, typische Gruppengröße 10 Studierende
Arbeitsaufwand	150 h	(45 h Präsenz, 105 h Selbststudium)
Leistungspunkte	Vorlesung:	3 Leistungspunkte
	Übung:	2 Leistungspunkte
	Gesamt:	5 Leistungspunkte
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Vorlesung: Beherrschung der grundlegenden Konzepte der Halbleiterepitaxie mit den Aspekten Herstellung, Eigenschaften und Charakterisierung. Verständnis und ggf. mathematische Formulierung der physikalischen Sachverhalte und Modelle.</p> <p>Übungen: Fragestellungen aus den Bereichen Halbleiterepitaxie praktisch bearbeiten und dabei das in der Vorlesung erworbene Wissen anwenden. Dabei sollen die Studenten Probleme erkennen, den Bezug zur Vorlesung herstellen, Probleme ggf. mathematisch formulieren, Ergebnisse diskutieren und in einen gesamtphysikalischen Zusammenhang einordnen.</p>	
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen (Grundlagen der Kristallstruktur, elastische Eigenschaften von Heterostrukturen, Versetzungen) • Thermodynamik des Schichtwachstums (Gleichgewichtszustände, Kristallwachstum) • Atomistische Aspekte des Schichtwachstums (Oberflächenstruktur, kinetische Prozesse beim Schichtwachstum, selbstorganisierte Nanostrukturen) • Methoden der Halbleiterepitaxie (Molekularstrahlepitaxie, metallorganische Gasphasenepitaxie) • Charakterisierungsmethoden (in-situ-Analysemethoden, hochauflösende Röntgenbeugung) 	
Studien-/Prüfungsleistungen	Die Übung findet als zwei- bis dreitägige Laborübung statt, zu der ein Bericht angefertigt werden soll. Prüfung in Standardform	
Medienformen	Tafelarbeit, Elektronische Medien/Internet	
Literatur	Pohl, Epitaxy of Semiconductors	

Name	Kohärente Quantensysteme: Physikalische Grundlagen und Anwendungen	
Studiensemester	1–2	
Verantwortliche	A. Zrenner	
Sprache	Deutsch oder Englisch	
Zuordnung zum Curriculum	Master of Science in Physik (Schwerpunkt B)	
Lehrform/SWS	Vorlesung:	2 SWS, typisch 10 Studierende
	Übung:	1 SWS, typische Gruppengröße 10 Studierende
Arbeitsaufwand	150 h	(45 h Präsenz, 105 h Selbststudium)
Leistungspunkte	Vorlesung:	3 Leistungspunkte
	Übung:	2 Leistungspunkte
	Gesamt:	5 Leistungspunkte
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Vorlesung: Beherrschung grundlegender Konzepte kohärenter Quantensysteme, deren optischer und optoelektronischer Eigenschaften sowie deren Anwendungen. Verständnis und mathematische Formulierung der physikalischen Sachverhalte und Modelle.</p> <p>Übungen: Fragestellungen zur Thematik der kohärenten Eigenschaften von Quantensystemen analysieren, Probleme erkennen und diskutieren, den Bezug zur Vorlesung herstellen, Probleme mathematisch formulieren, Ergebnisse diskutieren und in einen gesamtphysikalischen Zusammenhang einordnen.</p>	
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Experimenteller Zugang zu einzelnen Quantensystemen • Atome und Quantenstrukturen als 2-Niveau-Systeme • Kohärente Licht-Materie-Wechselwirkung • Experimentelle Methoden der kohärenten Spektroskopie • Spins und Exzitonen als Quantenbits • Kohärente Manipulation der Amplitude: Rabi-Oszillationen • Kohärente Manipulation der Phase: Ramsey-Interferenz und Ramsey-Schwebungen • Kohärente elektrische Manipulation • Funktionelle Strukturen und Anwendungen 	
Studien-/Prüfungsleistungen	Wöchentliche Übungsaufgaben und aktive Teilnahme an Übungen, Prüfung in Standardform	
Medienformen	Tafelarbeit, Elektronische Medien/Internet, Schriftliche Übungen	
Literatur	Lauterborn/Kurz/Wiesenfeldt, Coherent Optics: Fundamentals and Applications; Allen/Eberly, Optical Resonance and Two-Level Atoms; Major, The Quantum Beat: Principles and Applications of Atomic Clocks	

Name	Niedrigdimensionale Halbleitersysteme: Elektrische Eigenschaften	
Studiensemester	1–2	
Verantwortliche	D. As, A. Zrenner	
Sprache	Deutsch oder Englisch	
Zuordnung zum Curriculum	Master of Science in Physik (Schwerpunkt B)	
Lehrform/SWS	Vorlesung:	2 SWS, typisch 10 Studierende
	Übung:	1 SWS, typische Gruppengröße 10 Studierende
Arbeitsaufwand	150 h	(45 h Präsenz, 105 h Selbststudium)
Leistungspunkte	Vorlesung:	3 Leistungspunkte
	Übung:	2 Leistungspunkte
	Gesamt:	5 Leistungspunkte
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Vorlesung: Beherrschung grundlegender Konzepte des Spezialgebiets. Verständnis und mathematische Formulierung der physikalischen Sachverhalte und Modelle.</p> <p>Übungen: Fragestellungen zur Thematik elektrische Eigenschaften von niedrigdimensionalen Halbleitersystem analysieren, Probleme erkennen, den Bezug zur Vorlesung herstellen, Probleme mathematisch formulieren, Ergebnisse diskutieren und in einen gesamtphysikalischen Zusammenhang einordnen.</p>	
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Heterostrukturen (Wiederholung) • Elektrische und Transporteigenschaften • Shubnikov-de-Haas-Effekt und Magnetfelder • Ganzzahliger und gebrochenzahliger Quanten-Hall-Effekt • Ladungsträgertransport und Streumechanismen • Kohärente und mesoskopische Systeme • Heterojunction FET – HEMT • HBT, THET und RTD • Coulomb-Blockade und SET • Aharonov-Bohm-Effekt • CV-Spektroskopie an Quantenpunkten 	
Studien-/Prüfungsleistungen	Wöchentliche Übungsaufgaben und aktive Teilnahme an Übungen, Prüfung in Standardform	
Medienformen	Tafelarbeit, Elektronische Medien/Internet, Schriftliche Übungen	
Literatur	Ihn, Semiconductor Nanostructures; Ouisse, Electron Transport in Nanostructures and Mesoscopic Devices	

Name	Photonische Nanostrukturen	
Studiensemester	1–2	
Verantwortliche	C. Meier, T. Zentgraf	
Sprache	Deutsch oder Englisch	
Zuordnung zum Curriculum	Master of Science in Physik (Schwerpunkt B)	
Lehrform/SWS	Vorlesung:	2 SWS, typisch 10 Studierende
	Übung:	1 SWS, typische Gruppengröße 10 Studierende
Arbeitsaufwand	150 h	(45 h Präsenz, 105 h Selbststudium)
Leistungspunkte	Vorlesung:	3 Leistungspunkte
	Übung:	2 Leistungspunkte
	Gesamt:	5 Leistungspunkte
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Vorlesung: Beherrschung der grundlegenden Konzepte der Photonik und der hierfür relevanten Nanostrukturphysik. Verständnis und mathematische Formulierung der physikalischen Sachverhalte und Modelle.</p> <p>Übungen: Fragestellungen zur Thematik der Photonik analysieren und Probleme erkennen, den Bezug zur Vorlesung herstellen, Probleme mathematisch formulieren, Ergebnisse diskutieren und in einen gesamphysikalischen Zusammenhang einordnen.</p>	
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Licht-Materie Wechselwirkung (Maxwell'sche Gleichungen in Materie, Wellengleichung und Helmholtz-Gleichung, optische Antwort von Materialien, Polarisationsfeld, dielektrische Funktion von Isolatoren, Halbleitern und Metallen) • Photonische Nanostrukturen (eindimensionale Periodizität: Bragg-Reflektoren, Transfermatrixalgorithmus, optische Resonatoren I: Mikropillar-Resonatoren, optische Resonatoren II: Mikrodisk und Ring-Resonatoren, elektromagnetische Felder in periodischen Medien, Symmetrien und Photonik, photonische Kristall-Membranen, optische Resonatoren III: Defekte in photonischen Kristallen) • Plasmonische Nanostrukturen (Grenz- und Oberflächenplasmon-Polaritonen, metallische Nanopartikel, optische Metamaterialien) 	
Studien-/Prüfungsleistungen	Wöchentliche Übungsaufgaben und aktive Teilnahme an Übungen, Prüfung in Standardform	
Medienformen	Tafelarbeit, Elektronische Medien/Internet, Schriftliche Übungen	
Literatur	Joannopoulos/Johnson/Winn, Photonic Crystals; Maier, Plasmonics: Fundamentals and Applications; Novotny/Hecht, Principles of Nano-Optics	

Name	Quantenkommunikation und Quanteninformationsverarbeitung	
Studiensemester	1–2	
Verantwortliche	C. Silberhorn	
Sprache	Deutsch oder Englisch	
Zuordnung zum Curriculum	Master of Science in Physik (Schwerpunkt B)	
Lehrform/SWS	Vorlesung:	2 SWS, typisch 10 Studierende
	Übung:	1 SWS, typische Gruppengröße 10 Studierende
Arbeitsaufwand	150 h	(45 h Präsenz, 105 h Selbststudium)
Leistungspunkte	Vorlesung:	3 Leistungspunkte
	Übung:	2 Leistungspunkte
	Gesamt:	5 Leistungspunkte
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Vorlesung: Beherrschung der grundlegenden Konzepte der Quantenkommunikation, inklusive der Kenntnis wichtiger Protokolle und deren Implementierungen in der Praxis. Verständnis der physikalischen, mathematischen und informationstheoretischen Sachverhalte und Modelle.</p> <p>Übungen: Vertiefung des Vorlesungsstoffes, insbesondere zur mathematischen Formulierung der Thematik sowie Diskussionen zum Verständnis der Implikationen des Begriffes Quanteninformation.</p>	
Inhalt	<p>Vorlesung: In der Vorlesung werden die grundlegenden Konzepte und Protokolle der Quantenkommunikation und Quanteninformationsverarbeitung vermittelt.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführung in die Grundlagen der Quanteninformation (mathematische Formulierung des Informationsbegriffs, QuBits und Quantengatter) • Quantenmessungen • Verschränkte Zustände • Quantenteleportation und „Quantum Dense Coding“ • Quantenkryptographie (Protokolle, experimentelle Implementierungen, Sicherheitsbeweise und Lauschangriffe) • Verschränkungsdistillation und „Quantum Repeater“ <p>Übungen: Vertiefung des Vorlesungsstoffes inklusive der mathematischen Modellierung realer Problemstellungen; Anwendung der Konzepte auf konkrete experimentelle Aufbauten</p>	
Studien-/Prüfungsleistungen	Wöchentliche Übungsaufgaben und aktive Teilnahme an Übungen, Prüfung in Standardform	
Medienformen	Tafelarbeit, Elektronische Medien/Internet, Schriftliche Übungen	
Literatur	Barnett, Quantum Information; Nielsen/Chuang, Quantum Computation and Quantum Information; Preskill, Quantum Information and Computation	

Name	Spins in Spektroskopie und Elektronik	
Studiensemester	1–2	
Verantwortliche	S. Greulich-Weber	
Sprache	Deutsch oder Englisch	
Zuordnung zum Curriculum	Master of Science in Physik (Schwerpunkt B)	
Lehrform/SWS	Vorlesung:	2 SWS, typisch 10 Studierende
	Übung:	1 SWS, typische Gruppengröße 10 Studierende
Arbeitsaufwand	150 h	(45 h Präsenz, 105 h Selbststudium)
Leistungspunkte	Vorlesung:	3 Leistungspunkte
	Übung:	2 Leistungspunkte
	Gesamt:	5 Leistungspunkte
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Vorlesung: Beherrschung grundlegender Konzepte des Spezialgebiets. Verständnis und mathematische Formulierung der physikalischen Sachverhalte und Modelle.</p> <p>Übungen: Fragestellungen zur Thematik des Vorlesungsstoffs erkennen und analysieren, Probleme bearbeiten und lösen. Anwendung der mathematischen Modelle auf konkrete Situationen.</p>	
Inhalt	<p>Auf Spin-Wechselwirkungen basierende Messmethoden zur Untersuchung der mikroskopischen, magnetischen und elektronischen Eigenschaften der Materie werden vorgestellt. Moderne Methoden der Quantenmechanik zur Interpretation der messbaren Wechselwirkungen sind ein weiterer Schwerpunkt. Anwendungen der Messmethoden in der Biologie, Chemie, Physik und Medizin sowie neue Konzepte für Spintronik und Quanteninformation werden diskutiert.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektronenparamagnetische Resonanz (EPR) und Spin-Hamilton-Operator (SHO) • Relaxation und Dynamik • Kernspinresonanz (NMR) • Spinabhängige Rekombination (SDR) • Magnetischer Zirkulardichroismus der Absorption (MCDA) • Mehrfachresonanzverfahren • Pulsmethoden • Spektrometer • Auswertverfahren und Interpretation der SHO-Parameter • Mikroskopische Beschreibung der Spindichten: Berechnung der Hyperfeinparameter • NMR und g-Tensoren in Störungsrechnung: Magnetische Response und Spinströme • Spin-Bahn-Kopplung und Bahn-Magnetisierung • Spins in der Elektronik 	
Studien-/Prüfungsleistungen	Wöchentliche Übungsaufgaben und aktive Teilnahme an Übungen, Prüfung in Standardform	
Medienformen	Tafelarbeit, Elektronische Medien/Internet, Schriftliche Übungen	
Literatur		

HERAUSGEBER
PRÄSIDIUM DER UNIVERSITÄT PADERBORN
WARBURGER STR. 100
33098 PADERBORN

[HTTP://WWW.UNI-PADERBORN.DE](http://www.uni-paderborn.de)

ISSN 2199-2819